



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

**Facultad de Ciencia y Tecnología
Escuela de Ingeniería en Alimentos**

**Determinación del contenido proximal y factores de viabilidad
de granos de chocho (*Lupinus mutabilis*) durante la
germinación con y sin selenito de sodio**

**Trabajo de grado previo a la obtención del título de:
INGENIERA EN ALIMENTOS**

Autor:

ÁNGELA ISABEL PERALTA GONZÁLEZ

Director:

MARCO LAZO VÉLEZ

Cuenca, Ecuador

2023

DEDICATORIA

A mis papás Lidia y Mateo, que siempre han estado ahí, dándome lo mejor de ellos. A mi hermana Juliana. A todas las personas que encuentren valor en esta investigación.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por darme la capacidad y la oportunidad de cumplir con este trabajo e iniciar una nueva etapa. A mis papás y a mi familia, por su amor y apoyo incondicional.

Agradezco infinitamente al Dr. Marco Lazo por abrirme las puertas en su línea de investigación, por darme la oportunidad de realizar este trabajo y por siempre incitarme a dar lo mejor de mi y hacer las cosas bien.

Agradezco también al ingeniero Andrés Pérez, a Mateo, Nicole, Laura, Daniela y Fernanda por toda su ayuda durante el desarrollo de este trabajo y sobre todo por su buena disposición siempre.

Igualmente, doy las gracias al Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), por ayudarme con la aprobación de esta investigación.

Por último, a mis amigos, sin ellos mi experiencia universitaria no habría sido la misma.

Determinación del contenido proximal y factores de viabilidad de granos de chocho (*Lupinus mutabilis*) durante la germinación con y sin selenito de sodio

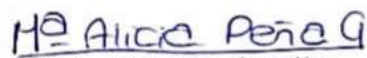
RESUMEN

Se determinaron los cambios en la composición proximal de granos de chocho (*Lupinus mutabilis*) así como sus cambios morfológicos durante un proceso de germinación de cuatro días con y sin Na_2SeO_3 . Los resultados mostraron que el Na_2SeO_3 no afectó los factores de viabilidad: porcentaje de granos germinados (GG) y crecimiento de la radícula (RG). Además, la germinación resultó en incrementos en el contenido de proteína de los granos, independientemente de si fueron germinados en presencia de selenio. Sin embargo, se observó aumentos en el contenido graso, estos resultados sugieren que el selenio tiene una influencia sobre este componente.

Palabras clave: germinación, chocho, *Lupinus mutabilis*, selenio, proteína vegetal.



Marco Lazo Vélez
Director



María Alicia Peña González
Coordinadora de escuela




Ángela Isabel Peralta González
Autora

Determination of proximate composition and viability factors of chocho (*Lupinus mutabilis*) during germination with and without sodium selenite


ABSTRACT

Proximate composition and morphological changes of chocho (*Lupinus mutabilis*) during a 4-day germination with and without Na_2SeO_3 were determined. The results showed that sodium selenite did not affect viability factors: germinated grains percentage (GG) and radicle growth percentage (RG). Moreover, germination increased the seed protein content regardless of whether they were germinated under the presence of selenium. Nevertheless, an increase in fat content was observed, the results suggest that selenium influences this component.


Keywords: germination, chocho, *Lupinus mutabilis*, selenium, plant-based protein.



Marco Lazcano Velez
Thesis Director



María Alicia Peña González
Food Engineering School Coordinator



Ángela Isabel Peralta González
Author

Translated by:



Ángela Peralta

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO 1: MATERIALES Y MÉTODOS	11
1.1. Materia prima	11
1.2. Determinación del grado de calidad de los granos de chocho	11
1.3. Germinación con Na₂SeO₃	12
1.4. Factores de viabilidad y cambios morfológicos del grano	12
1.5. Elaboración de harinas	13
1.6. Composición proximal	13
1.7. Color	13
1.8. Análisis estadístico	13
CAPÍTULO 2: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
2.1. Determinación del grado de calidad de los granos de chocho	14
2.2. Factores de viabilidad y cambios morfológicos del grano	15
2.3. Composición proximal	16
2.4. Color	18
CONCLUSIONES	20
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
ANEXOS	25

ÍNDICE DE TABLAS

<u>Tabla 1</u> <i>Determinación de grado de calidad de los granos de chocho</i>	<u>14</u>
<u>Tabla 2</u> <i>Factores de viabilidad de la germinación</i>	<u>15</u>
<u>Tabla 3</u> <i>Composición proximal de harinas de chocho germinado con y sin Na_2SeO_3</i>	<u>16</u>
<u>Tabla 4</u> <i>Cambios en el color de harinas de chocho germinado con y sin Na_2SeO_3</i>	<u>18</u>

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Dimensiones de la radícula (cm) de los granos germinados con y sin selenito de sodio	25
Anexo 2. Dimensiones del grano seco y después del remojo	25
Anexo 3. Correlaciones de Pearson	26
Anexo 4. Granos de chocho en proceso de imbibición (remojo) en rotador para tubos (Fisherbrand, Estados Unidos)	26
Anexo 5. Germinador para granos (OYSIR, China) dentro de la cámara climática (Binder, Alemania)	27
Anexo 6. Cámara climática (Binder, Alemania)	27
Anexo 7. Disposición de los granos de chocho dentro del germinador	28
Anexo 8. Evolución de los granos de chocho durante la germinación	28
Anexo 9. Aprobación del MAATE para la investigación	29
Anexo 10. Carta de aceptación para el tercer congreso CICLA 2023 en la Universidad San Francisco de Quito	30

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC. (2022). American Association of Cereal Chemists, approved Methods of the AACC (10th ed.) St. Paul, MN, USA: AACC.
- AACC. (2022). American Association of Cereal Chemists, approved Methods of the AACC (8th ed.) St. Paul, MN, USA: AACC.
- Badui, S. (2013). *Química de los Alimentos*. México: Pearson.
- Bordignon, J., Ida, E., Oliveira, M., Mandarino, J. (1995). Effect of germination on the protein content and on the level of specific activity of lipoxygenase-1 in seedlings of three soybean cultivars. *Archivos latinoamericanos de nutrición* (45)3. 222-226.
- Borek, S., Pukacka, S., Muchalski, K., Ratajczak, L. (2009). Lipid and protein accumulation in developing seeds of three lupine species. *Lupinus luteus* L., *Lupinus albus* L., and *Lupinus mutabilis* Sweet. *Journal of Experimental Botany* (60)12. [https://doi.org/10.1016/0748-5514\(85\)90011-X](https://doi.org/10.1016/0748-5514(85)90011-X)
- Castillo, M. (2021). Tendencias alimentarias 2021, un reto para la producción. <https://noticias.utpl.edu.ec/tendencias-alimentarias-2021-un-reto-para-la-produccion>
- Cordero-Clavijo, L. M., Serna-Saldívar, S. O., Lazo-Vélez, M. A., González, J. F. A., Panata-Saquicilí, D., & Briones-García, M. (2021). Characterization, functional and biological value of protein-enriched defatted meals from sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) and chocho (*Lupinus mutabilis*). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15, 5071-5077.
- Chilomer, K., Zaleska, K., Ciesiolka, D., Gulewicz, P., Frankiewicz, A., Gulewicz, K. (2009). Changes in the alkaloid, α -Galactoside, and protein fractions content during germination of different lupin species. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 79(1), 11-20.
- Chung, H., Cho, D., Park, J., Kweon, D., Lim, S. (2012). *In vitro* starch digestibility and pasting properties of germinated brown rice after hydrothermal treatments. *Journal of Cereal Science* 56. 451-456. doi:10.1016/j.jcs.2012.03.010
- Chungcharoen, T., Prachayawarakorn, S., Tungtrakul, P., Soponronnarit, S. (2014). Effects of germination time and drying temperature on drying characteristics and quality of germinated paddy. *Food and Bioproducts Processing* 94. 707-716. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2014.09.013> 0960-3085
- Dagnia, S., Petterson, D., Bell, R., Flanagan, F. (1992). Germination Alters the Chemical Composition and Protein Quality of Lupin Seeds. *J Sci Food Agric*, 60, 419-423.
- Doria, E., Pagano, A., Ferreri, C., Vita, A., Macovei, A., Sousa, A., Balestrazzi, A. (2019). How does the seed pre-germinative metabolism fight against imbibition damage? Emerging roles of fatty acid cohort and antioxidant defense. *Frontiers in Plant Science* (10). <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01505>

- Dueñas, M., Hernández, T., Estrella, I., Fernández, D. (2009). Germination as a process to increase polyphenol content and antioxidant activity of lupin seeds (*Lupinus angustifolius* L.). *Food Chemistry* 117. 599-607. doi:10.1016/j.foodchem.2009.04.051
- ENSANUT. (2018). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición.
- EUROMONITOR. (2021). Plant-based Eating and Alternative Proteins. <https://www.euromonitor.com/plant-based-eating-and-alternative-proteins/report>
- Figueroa-Cárdenas, J. (1985). Métodos para evaluar la calidad maltera en cebada. 30-67. Secretaría de Ganadería y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México D.F.
- Guardado-Félix, D., Serna-Saldívar, S., Gutiérrez-Urbe, J., Chuck-Hernández, C. (2019). Selenium in Germinated Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Increases the Stability of Its Oil Fraction. *Plants* 8(113). doi:10.3390/plants8050113
- Fernández-Orozco, R., Konrad, M., Zielinski, H., Kozłowska, H., Frias, J., Vidal-Valverde, C. (2006). Germination as a process to improve the antioxidant capacity of *Lupinus angustifolius* L. var. Zapaton. *European Food Research and Technology*, 223(4). 495-502. doi: 10.1007/s00217-005-0229-1
- Galaz-Pérez, E., Velázquez, G., Méndez-Montevalvo, G. (2020). Improvement of physicochemical properties of baked oatmeal (*Avena sativa* L.) by imbibition. *Cereal Chemistry*. <https://doi.org/10.1002/cche.10320>
- Ghavidel, R., Prakash, J. (2006). The impact of germination and dehulling on nutrients, antinutrients, in vitro iron and calcium bioavailability and in vitro starch and protein digestibility of some legume seeds. *LWT*. 40. 1292-1299. doi:10.1016/j.lwt.2006.08.002
- Guardado-Félix, D., Serna-Saldívar, S., Cuevas-Rodríguez, E., Jacobo-Velázquez, D., Gutiérrez-Urbe, J. (2017). Effect of sodium selenite on isoflavonoid contents and antioxidant capacity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts. *Food Chemistry*, 226(1), 69-74. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.046>
- Gulewicz, P., Martínez-Villaluenga, C., Frias, J., Ciesiołka, D., Gulewicz, K., Vidal-Valverde, C. (2007). Effect of germination on the protein fraction composition of different lupin seeds. *Food Chemistry* 107. 830-844. doi:10.1016/j.foodchem.2007.08.087
- Haug, A., Graham, R. D., Christophersen, O. A., & Lyons, G. H. (2007). How to use the world's scarce selenium resources efficiently to increase the selenium concentration in food. *Microbial Ecology in Health and Disease*, 19(4), 209–228. <https://doi.org/10.1080/08910600701698986>.
- Hertzler, S., Lieblein-Boff, J., Weiler, M., Allgeier, C. (2020). Plant Proteins: Assessing Their Nutritional Quality and Effects on Health and Physical Function. *Nutrients*. 12. doi:10.3390/nu12123704
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, INEN (2005). LEGUMINOSAS. GRANO AMARCO DE CHOCHO. REQUISITOS NTE INEN 2 389:2005. Quito.

- Iscimen, E., Hayta, M. (2021). Effect of ultrasound pretreatment on the functional and antioxidant properties of fermented and germinated Lupin protein isolates grafted with glucose. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.11383>
- Jacobsen, S., Mujica, A. (2006). El tarwi (*lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. *Botánica Económica de los Andes Centrales*. <https://beisa.au.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdfer/Capitulo%2028.pdf>
- Jamei, R., Heidari, R., Khara, J., Zare, S. (2009). Hypoxia Induced Changes in the Lipid Peroxidation, Membrane Permeability, Reactive Oxygen Species Generation, and Antioxidative Response Systems in *Zea mays* Leaves. *Turkish Journal of Biology* (3)1. <https://doi.org/10.3906/biy-0807-14>
- Khattak, A., Zeb, A., Bibi, N. (2008). Impact of germination time and type of illumination on carotenoid content, protein solubility and in vitro protein digestibility of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts. *Food Chemistry*. 797-801. doi:10.1016/j.foodchem.2008.01.046
- Lazo-Vélez, M.A., Avilés-González, J., Serna-Saldivar, S.O., Temblador- Pérez, M.C. (2015). Optimization of wheat sprouting for production of selenium enriched kernels using response surface methodology and desirability function, *LWT - Food Science and Technology* (2015), doi: 10.1016/j.lwt.2015.08.056.
- Liu, K., Chen, F., Zhao, Y., Gu, Z., Yang, H. (2011). Selenium accumulation in protein fractions during germination of Se-enriched brown rice and molecular weights distribution of Se-containing proteins. *Food Chemistry*, 127(2011). 1526-1531. doi:10.1016/j.foodchem.2011.02.010
- Li Y., Liu, K., Chen, F. (2016). Effect of selenium enrichment on the quality of germinated brown rice during storage. *Food Chemistry* 207. 20-26. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.080>
- M. van de Noort. (2017). Sustainable Protein Sources. Chapter 10 – Lupin: An Important Protein and Nutrient Source. Pages 165-183. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00010-X>
- Muñoz-Llandes, C., Guzmán-Ortiz, F., Román-Gutiérrez, A., Palma-Rodríguez, H., Castro-Rosas, J., Hernández-Sánchez, H., Zamora-Natera, J., Vargas-Torres, A. (2022). Effect of germination time on protein subunits of *Lupinus angustifolius* L. and its influence on functional properties and protein digestibility. *Food Science and Technology*. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.90821>
- NIH. (2021). Selenium. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Selenium-HealthProfessional/>
- Prins, U., van Haren, R. (2019). Andean Lupin (*Lupinus mutabilis*). https://research.hanze.nl/ws/portafiles/portal/34690151/Brochure_2_ENGELS_def.pdf

- Ohanenye, I., Tsopmo, A., Ejike, C., Udenigwe, C. (2020). Germination as a bioprocess for enhancing the quality and nutritional prospects of Legume proteins. *Trends in Food and Science Technology*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.003>.
- Paredes-López, O., Mora-Escobedo, R. (1989). Germination of Amaranth Seeds: Effects on Nutrient Composition and Color. *Journal of Food Science* (54)3.
- Programa Mundial de Alimentos. (2020). Cerrando la brecha de nutrientes. <https://reliefweb.int/report/ecuador/cerrando-la-brecha-de-nutrientes-en-ecuador#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20%E2%80%9CCerrando%20la%20Brecha,parte%20de%20la%20poblaci%C3%B3n%20ecuatoriana>.
- Romero-Espinoza, A. M., Vintimilla-Alvarez, M. C., Briones-García, M., & Lazo-Vélez, M. A. (2020). Effects of fermentation with probiotics on anti-nutritional factors and proximate composition of lupin (*Lupinus mutabilis* sweet). *Lwt*, 130, 109658.
- Rumiyati, James, A., Jayasena, V. (2012). Effect of Germination on the Nutritional and Protein Profile of Australian Sweet Lupin (*Lupinus angustifolius* L.). *Food and Nutrition Sciences*, 2012(3). 621-626.
- Sánchez, M., Altares, P., Pedrosa, M., Burbano, C., Cuadrado, C., Goyoaga, C., Muzquiz, M., Jiménez-Martínez, C., Dávila-Ortiz, G. (2004). Alkaloid variation during germination in different lupin species. *Food Chemistry* 90(2005). 347-355.
- Schaafsma, G. (2012). Advantages and limitations of the protein digestibility-corrected amino acid score (PDCAAS) as a method for evaluating protein quality in human diets. *British journal of nutrition*. 108, S333-S336. doi:10.1017/S0007114512002541
- Serna-Saldívar, S. (2003). Manufactura y control de calidad de productos basados en cereales. Capítulo 1: Propiedades físicas y morfológicas de los cereales. Páginas 8-10. AGT Editor, S.A. México D.F.
- Serrano-Sandoval, S., Guardado – Félix, D., Gutiérrez-Urbe, J. (2019). Changes in digestibility of proteins from chickpeas (*Cicer arietinum* L.) germinated in presence of selenium and antioxidant capacity of hydrolysates. *Food Chemistry* 285. 290-295.
- Sharma, S., Singh, A., Singh, B. (2018). Characterization of in vitro antioxidant activity, bioactive components, and nutrient digestibility in pigeon pea (*Cajanus cajan*) as influenced by germination time and temperature. *Journal of Food Biochemistry*. doi: 10.1111/jfbc.12706